



**REPUBBLICA ITALIANA**  
**Regione Sicilia**  
**Provincia di Enna**  
**Comune di Centuripe**



Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel comune di Centuripe (EN) in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) .  
**- PROGETTO DEFINITIVO -**

**COMMITTENTE**

Tozzi Green S.p.A.  
 Capitale Sociale € 2.300.000,00 i.v.  
 R.E.A. n. RA-174504  
 P.IVA e C.F. IT02132890399

Sede legale ed Uffici Amministrativi  
 Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA) Italy  
 tozzi.re@legalmail.it

Tel. +39 0544 525311

Fax. +39 0544 525319

www.tozzigreen.com

**PROGETTAZIONE**

I.C.A. engineering s.a.s.  
 C.F./ P.IVA 01718630856  
 Sede legale Via Malta, 5 - 93100 Caltanissetta (CL)  
 tel. 0934-556646\ fax 0934-555464  
 e-mail info@icaengineering.it  
 www.icaengineering.it

Organizzazione con Sistema di  
 Gestione per la Qualità  
 Certificato UNI EN ISO  
 9001:2015 (certificato n. 3847  
 rilasciato da ISE. CERT. SRL)



UNIVERSITÀ  
 DEGLI STUDI  
 FIRENZE

Università degli Studi di Firenze  
 Dr. Enrico Palchetti  
 Piazzale delle Cascine, 18 - 50121 Firenze  
 Centralino +39 055 2755800  
 enrico.palchetti@unifi.it - dagri@pec.unifi.it

ELABORATO

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

PROGETTAZIONE GENERALE  
 Ing. Fabio S. Corvo  
 Ing. Dario D. Corvo

PROGETTAZIONE STRUTTURALE  
 Ing. Fabio Alabiso

STUDIO GEOLOGICO  
 dott.geol. Massimiliano M. Rizzo

STUDIO AGRONOMICICO  
 dott.for. Giacomo Maria Vincenzo Lo Piccolo  
 dott.for. Vincenzo Caruana

COORDINAMENTO PER LA SICUREZZA  
 Ing. Dario D. Corvo

VALUTAZIONE IMPATTO ACUSTICO  
 Ing. Antonio Lunetta  
 Arch. Marco Antonio Cocciadiferro

VALUTAZIONE IMPATTO ARCHEOLOGICO  
 dott. Andrea Scifo

Assicurazione qualità  
 Ing. Fabio S. Corvo

PROGETTAZIONE:



COMMITTENTE

Tozzi Green S.p.A.  
 Legale Rappresentante  
 Andrea Tozzi

Scala

-

Pratica

224pr

Codice elaborato

RS06REL0022A0

B						
A	SETTEMBRE 2021	PRIMA EMISSIONE	FABIO S. CORVO	FABIO S. CORVO	DARIO D. CORVO	DARIO D. CORVO
Rev	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato

Questo documento e' di nostra proprieta' esclusiva. E' proibita la  
 riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione.

## Sommario

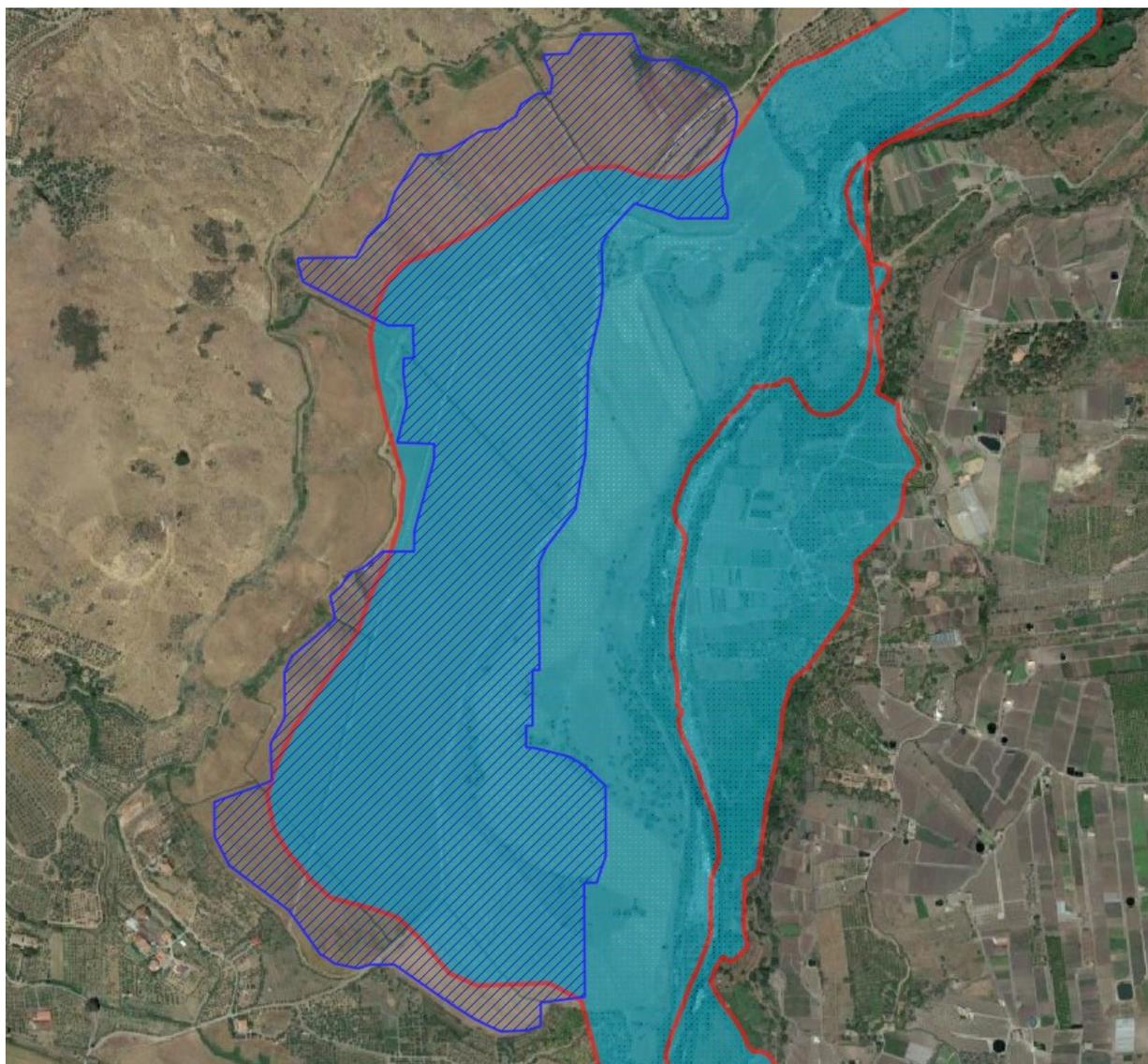
---

<b>Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introduzione alla modellazione idraulica bidimensionale.....</b>	<b>4</b>
1.1. Equazioni di calcolo per il modello 2D.....	5
<b>2. Descrizione del grid di calcolo per le modellazioni 2D.....</b>	<b>7</b>
2.1. Valori di scabrezza di Manning per le celle 2D.....	8
2.2. Condizioni al contorno e descrizione delle simulazioni.....	10
<b>Conclusioni.....</b>	<b>14</b>

## Premessa

La presente relazione idraulica viene redatta in accordo alle Norme di Attuazione P.A.I della Regione Sicilia, riportate al capitolo 11 Art. 2 del *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia*.

L'impianto per la produzione dell'energia elettrica da fonte solare fotovoltaica, è situato in destra idraulica del Fiume Simeto all'interno del Comune di Centuripe (EN) ed è allo stato attuale classificata come *sito di attenzione PAI*.



*Figura 01 – Area di studio (contorno esterno blu) e area classificata come sito di attenzione (contorno esterno rosso)*

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Si è quindi ritenuto opportuno *approfondire il livello di conoscenza delle condizioni idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio* come riportato all'art. 2 capitolo 11 della relazione generale PAI.

Al fine di valutare la compatibilità idraulica dell'intervento da realizzare, costituito dalla *“Realizzazione di un impianto per la produzione dell'energia elettrica da fonte solare fotovoltaica e dalle relative opere connesse”*, sono state implementate diverse simulazioni idrauliche bidimensionali (2D) considerando diversi periodi di ritorno e dimostrando come le opere da realizzare non risultano essere a rischio di eventuali eventi alluvionali.

## 1. Introduzione alla modellazione idraulica bidimensionale

Al fine di valutare la compatibilità dell'intervento con le norme PAI sono state implementate diverse simulazioni idrauliche bidimensionali (2D) attraverso l'utilizzo del software HEC-RAS Vers. 5.0.7. Le informazioni di base delle celle 2D, vengono fornite dal modello digitale del terreno (DTM) a 2mt di risoluzione spaziale, ottenuto dal servizio WCS della Regione Sicilia. L'area di calcolo 2D è rappresentata dall'unione di celle bidimensionali che possono essere di dimensione diversi forma qualsiasi, con il limite massimo di 8 lati per ogni singola cella.

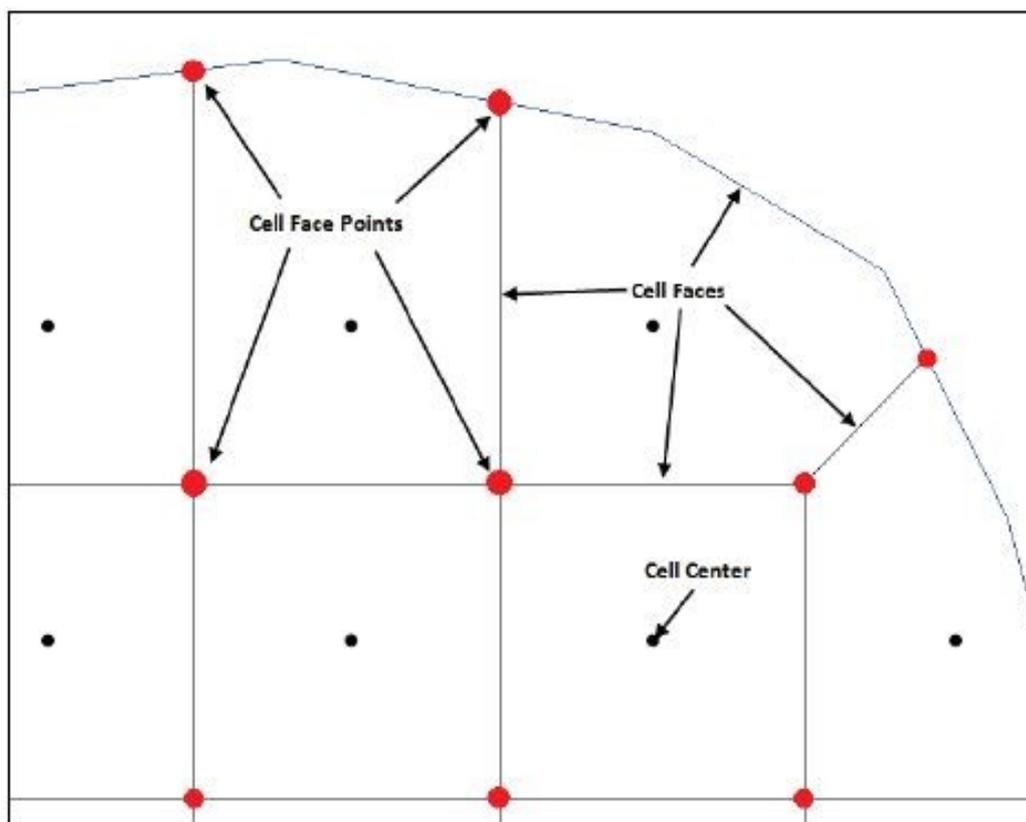


Figura 02: Schema del grid di calcolo

All'interno di un grid sono presenti i seguenti elementi:

- **Cell Center**: centro della cella, che rappresenta il punto dove viene computato il livello idrico;
- **Cell Faces** lati della cella, che costituiscono i i contorni esterni della cella. Generalmente sono delle linee rette, ma in corrispondenza del bordo esterno della 2D Flow Area, si adattano a questo perimetro;

- *Cell Face Points* i vertici delle celle, che vengono utilizzati per collegare la 2D Flow Area alla Lateral Structure ed anche per collegare gli elementi 2D con elementi 1D;
- *Mesh boundary* il contorno del dominio.

Per di ogni singola area è possibile inserire un numero potenzialmente infinito di celle che possono avere anche una dimensione diversa, in presenza di forti variazioni di pendenza del terreno come strade, barriere ecc. Ogni cella ed ogni suo lato viene pre-processata per implementare dettagliate tabelle delle caratteristiche idrauliche, basandosi sulle caratteristiche del terreno sottostante. La mesh di calcolo 2D è del tipo “strutturato” o “non strutturato”, in modo da adattarsi nel migliore modo possibile alle caratteristiche del terreno. All’interno di HEC-RAS, le celle non hanno un fondo piatto e i lati delle celle non hanno una linea retta per ogni singola quota. Di conseguenza, ogni cella computazionale ed in ogni suo lato, si adatta perfettamente a quello che è il terreno sottostante. Questo tipo di modello viene definito in letteratura come “High Resolution Subgrid Model” (Casulli, 2008). Il termine “subgrid” significa che utilizza l’andamento dettagliato del terreno sottostante per determinare la geometria e le tabelle delle proprietà idrauliche che rappresentano i lati delle celle.

Dopo avere importato il DTM e creato le aree 2D che definiscono le aree inondabili, per ottenere una simulazione più accurata, alle celle 2D è opportuno assegnare dei valori di scabrezza variabili che considerino la diversità delle aree delle aree inondabili nei confronti del deflusso. Per garantire questa condizione del terreno (strade, aree agricole ecc.) viene importato all’interno del software, uno shapefile precedentemente realizzato mediante l’utilizzo del software GIS, al quale assegnare per ogni classe del terreno, il valore di scabrezza più opportuno in modo da modificare le caratteristiche del deflusso in termini di battente idrico e di velocità.

### **1.1. Equazioni di calcolo per il modello 2D**

I modelli numerici idrodinamici bidimensionali si basano essenzialmente sulla soluzione numerica delle equazioni di conservazione di conservazione della massa e della quantità di moto, nelle due direzioni,  $x$  e  $y$ . In molti dei modelli comunemente utilizzati per i modelli in 2D, queste equazioni possono essere espresse attraverso due variabili indipendenti che sono:  $u$ ,  $v$  e  $H$  come riportato nella figura seguente.

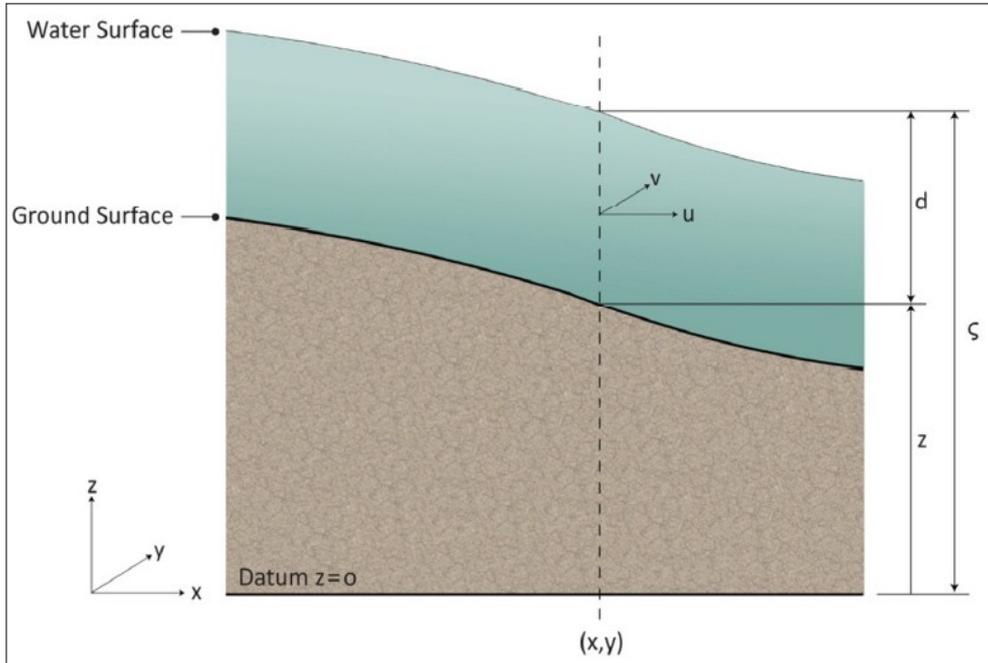


Figura 03: Schema per la modellazione 2d

In particolare all'interno del programma si fa riferimento alle seguenti due tipologie di equazioni:

- i) *Equazione di conservazione della massa e*
- ii) *Equazione di conservazione del momento.*

L' equazione di conservazione della massa è costituita dalla seguente relazione:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0$$

dove:

$t$  = tempo;

$u$  = velocità in direzione  $x$ ;

$v$  = velocità in direzione  $y$ ;

$q$  = portata in entrata/uscita

L' equazione di conservazione del momento, invece, è rappresentata dalla seguente relazione:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_r \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f^u$$

dove:

$u$  = velocità in direzione  $x$ ;

$v$  = velocità in direzione  $y$ ;

$g$  = accelerazione di gravità;

$V_t$  = coefficiente di viscosità orizzontale o turbolenza;

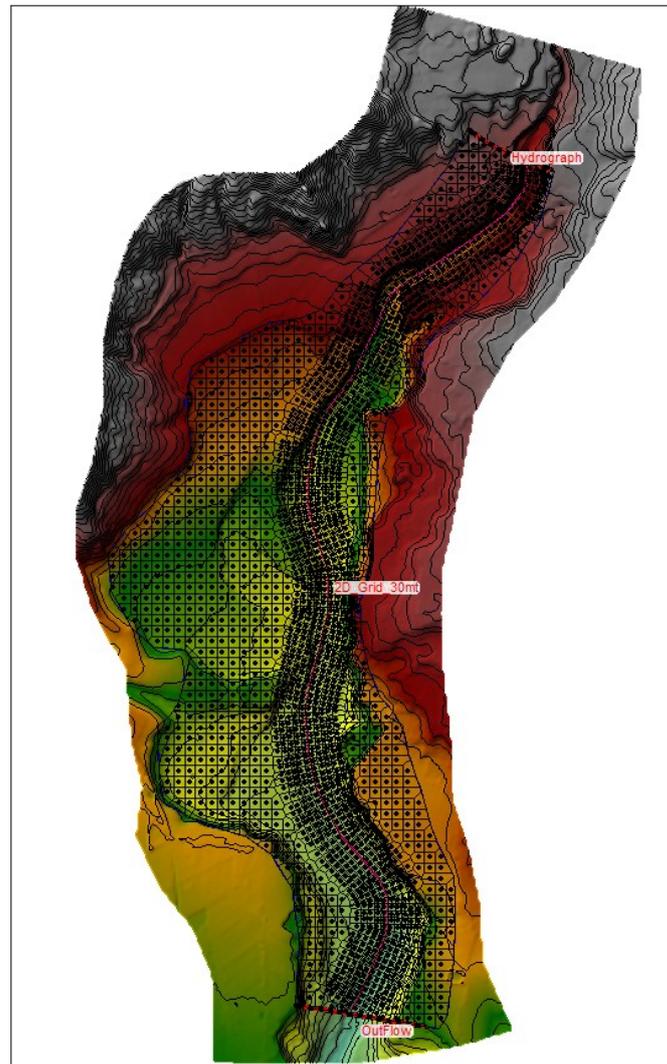
$C_t u$  = termine di resistenza dell'alveo;

$f_v$  = parametro di resistenza di Coriolis.

Questa equazione fa riferimento alla seconda legge di Newton, e nel primo membro contiene i termini delle accelerazioni, mentre al secondo membro sono presenti le forze interne ed esterne che agiscono nel fluido. E' importante sottolineare che questa equazione permette di considerare il termine della turbolenza in modo da analizzare fenomeni localizzati di fluttuazione, irregolare nel tempo e nello spazio, delle particelle fluide.

## 2. Descrizione del grid di calcolo per le modellazioni 2D

Il modello geometrico utilizzato per questo studio idraulico bidimensionale è costituito da un grid di calcolo composta da circa 2200 celle di dimensione media pari a 30 mt. HEC-RAS utilizza una mesh di calcolo strutturata, permettendo allo stesso tempo una grande flessibilità nella modifica della stessa al fine di migliorare l'accuratezza dei risultati ottenuti. Le celle di partenza utilizzate per le modellazioni 2D di questo studio hanno una dimensione quadrata di 30mtx30mt che sono state ridotte in corrispondenza di forti asperità del terreno come argini, rilevati, strutture ecc. Come modello digitale del terreno (Digital Terrain Model o DTM) è stato utilizzato il raster a 2 metri di risoluzione spaziale, ottenuto dal Sistema Cartografico Regionale della Sicilia.



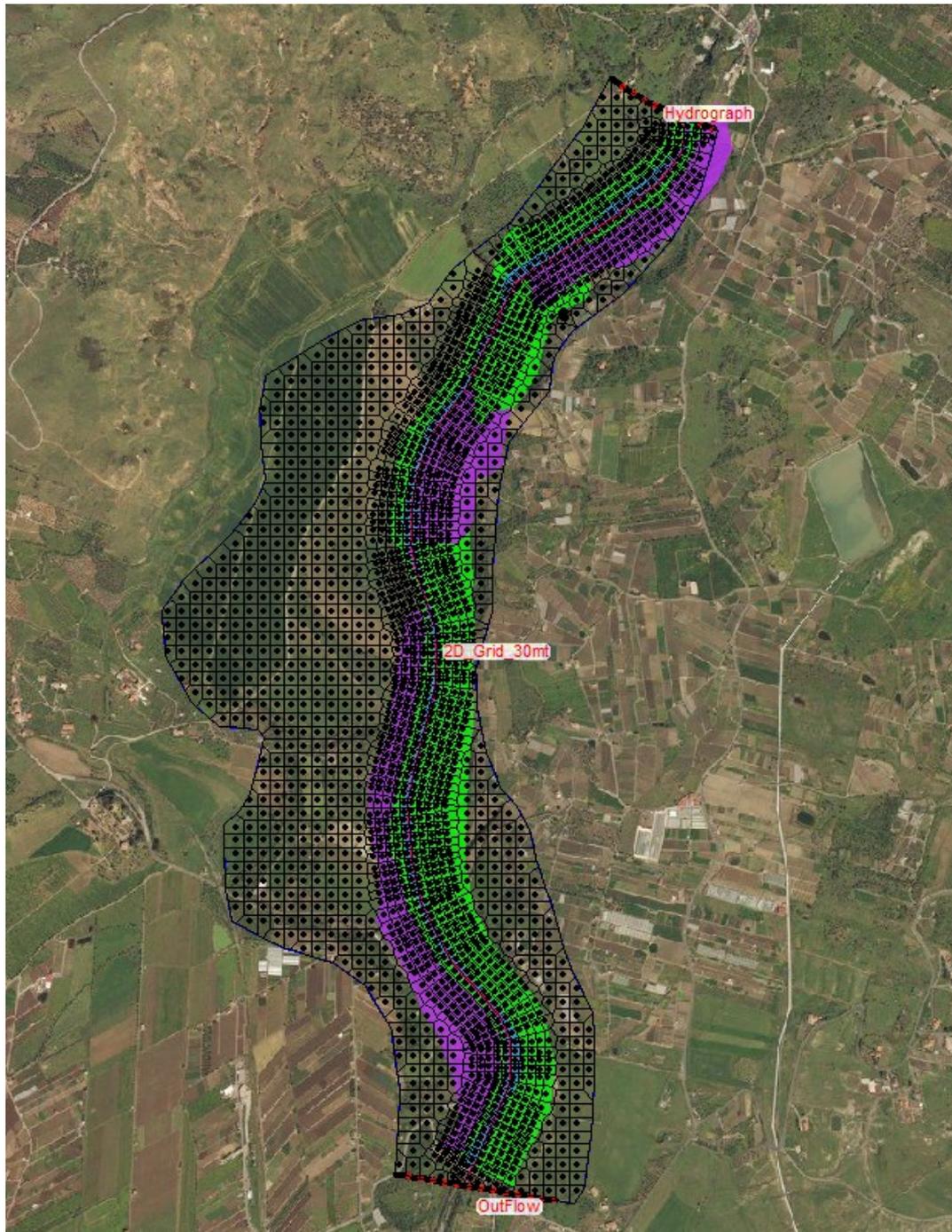
*Figura 04: Grid di calcolo e DTM 2 metri*

## **2.1. Valori di scabrezza di Manning per le celle 2D**

Ad ogni cella 2D presente all'interno del modello, il programma richiede l'assegnazione di un corrispondente valore di scabrezza di Manning, in funzione dell'uso del suolo del terreno. A tal fine, in ambiente GIS viene creato uno shapefile di tipo poligonale che è stato successivamente importato in HEC-RAS.

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.



*Figura 05: Valori di Manning assunti per la modellazione*

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

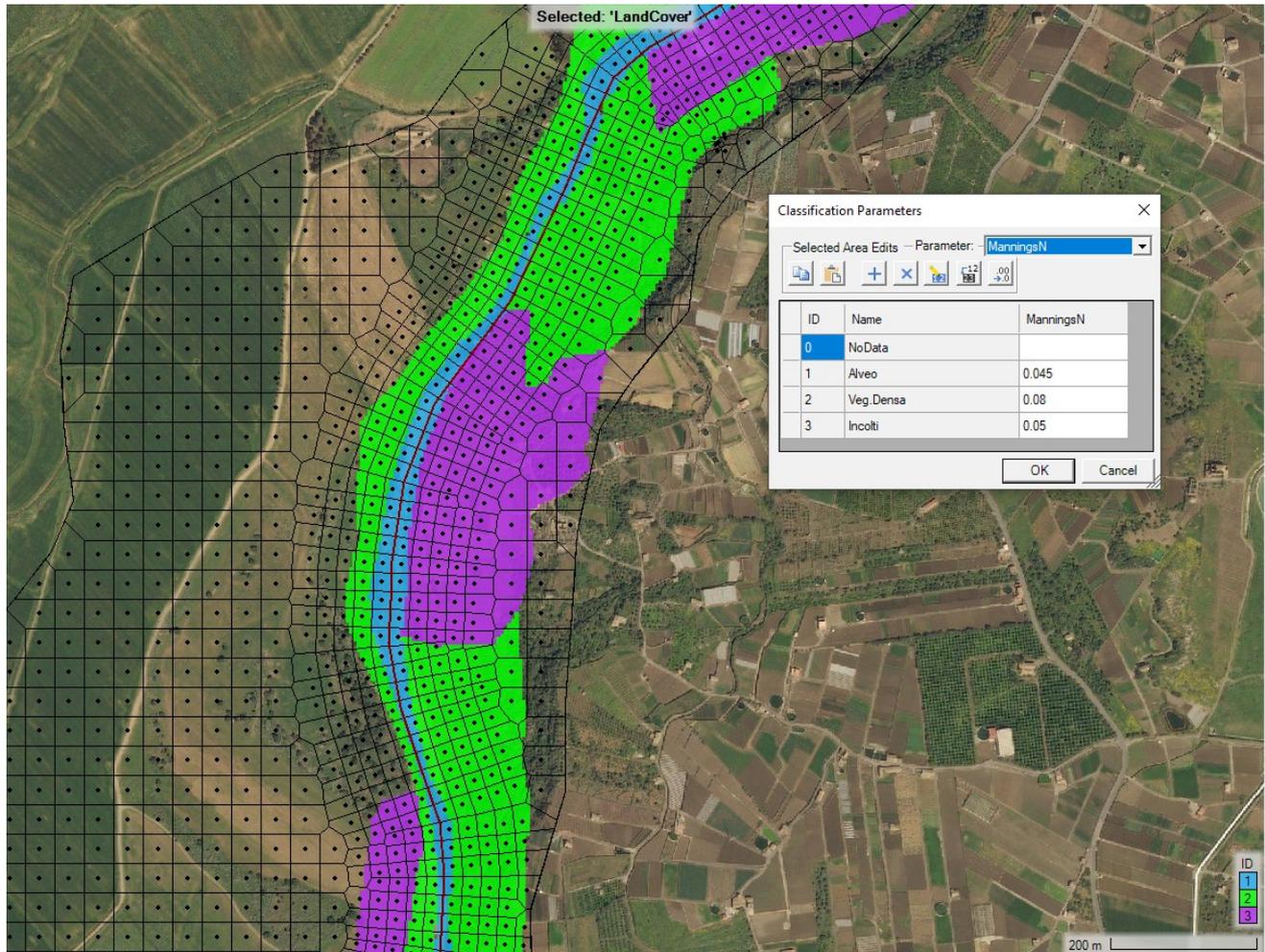


Figura 06: Dettaglio valori di Manning

I valori di scabrezza di Manning assunti per la modellazione sono quindi rispettivamente:

- Alveo: 0.045
- Veg.Densa: 0.08
- Incolti: 0.05

Nella restante parte del dominio, si è utilizzato un valore di 0.045 che si ritiene essere particolarmente cautelativo per lo studio idraulico.

## 2.2. Condizioni al contorno e descrizione delle simulazioni

Le condizioni al contorno utilizzate per tutte le simulazioni sono tre, due di monte (Upstream) rappresentate dagli idrogrammi di piena con i diversi periodi di ritorno

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico, denominato "Impianto Agrovoltaico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

calcolate nella modellazione idrologica. Quanto alla singola condizione di valle (Downstream) è stata scelta una *Normal Depth* posta ad una distanza tale da non influenzare i risultati della modellazione idraulica.

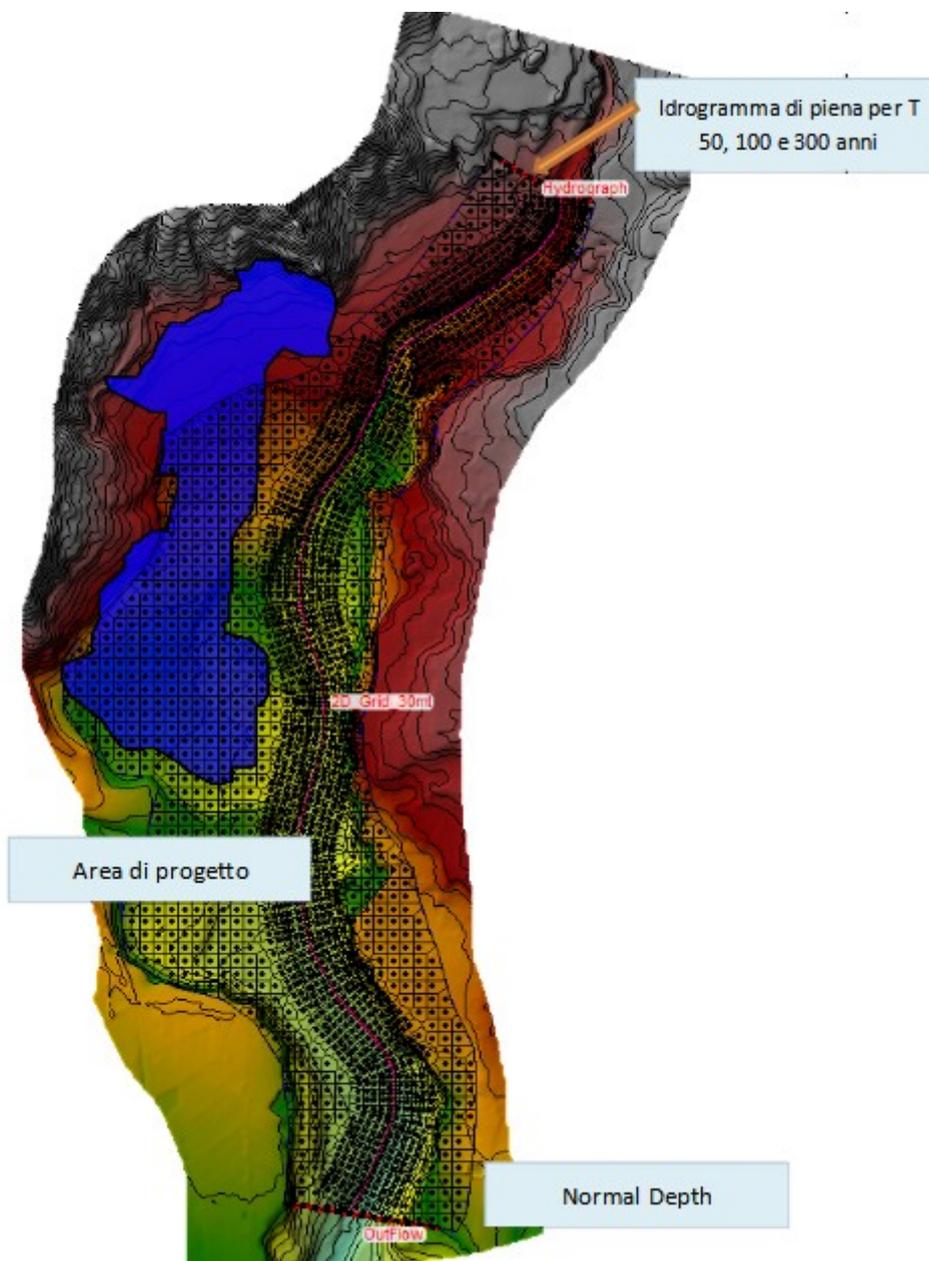
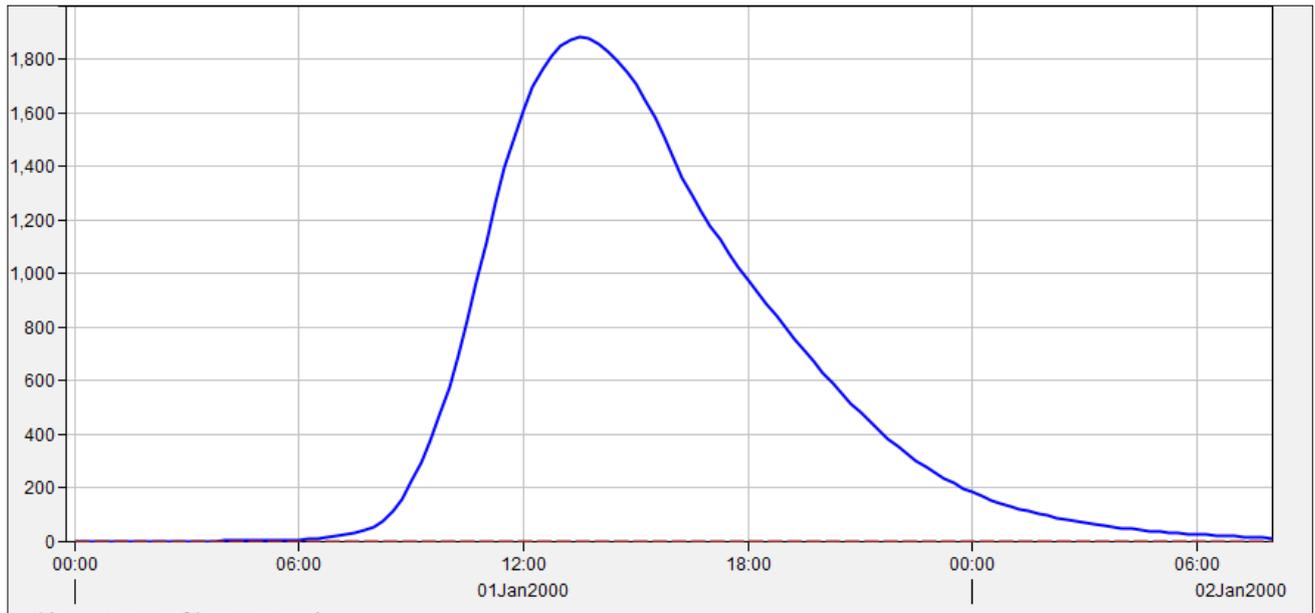


Figura 07: Condizioni al contorno per la modellazione idraulica

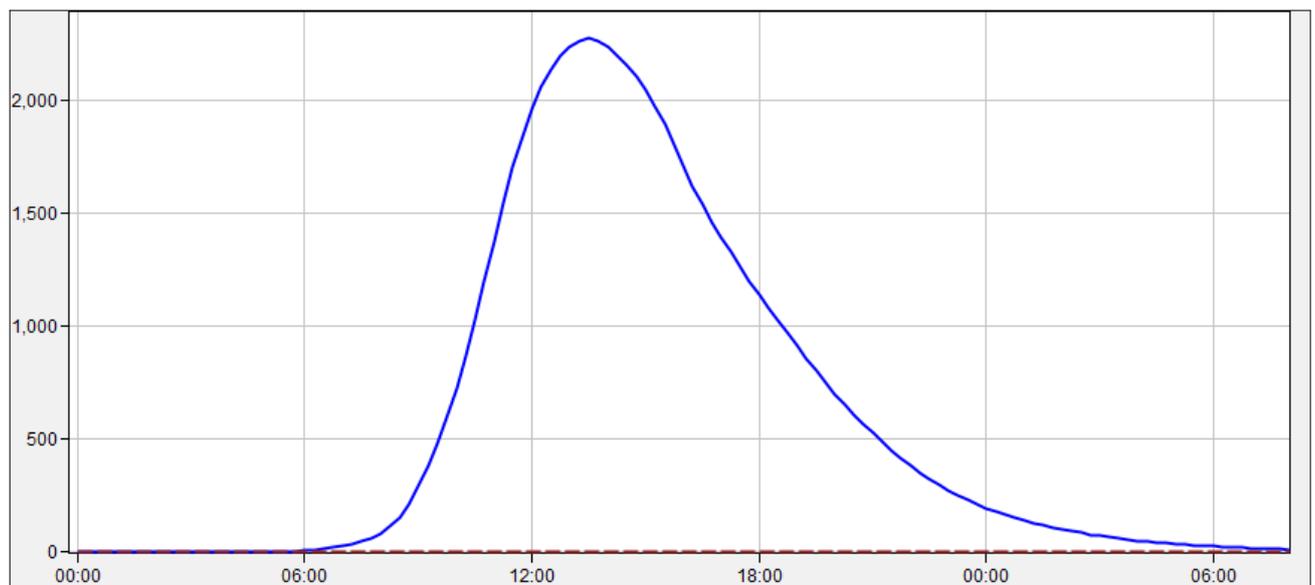
Quanto alla condizione al contorno di monte vengono riportati graficamente gli idrogrammi inseriti per le tre diverse simulazioni.

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

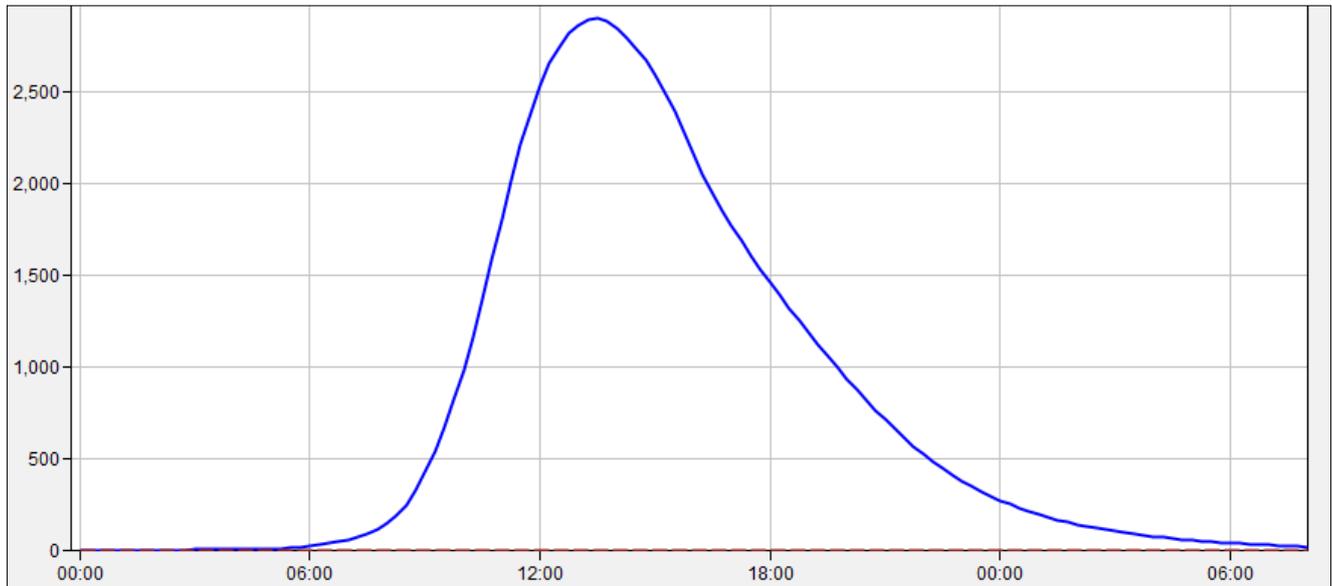


*Figura 08: Idrogramma di piena per T 50 anni*



*Figura 09: Idrogramma di piena per T 100 anni*

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.



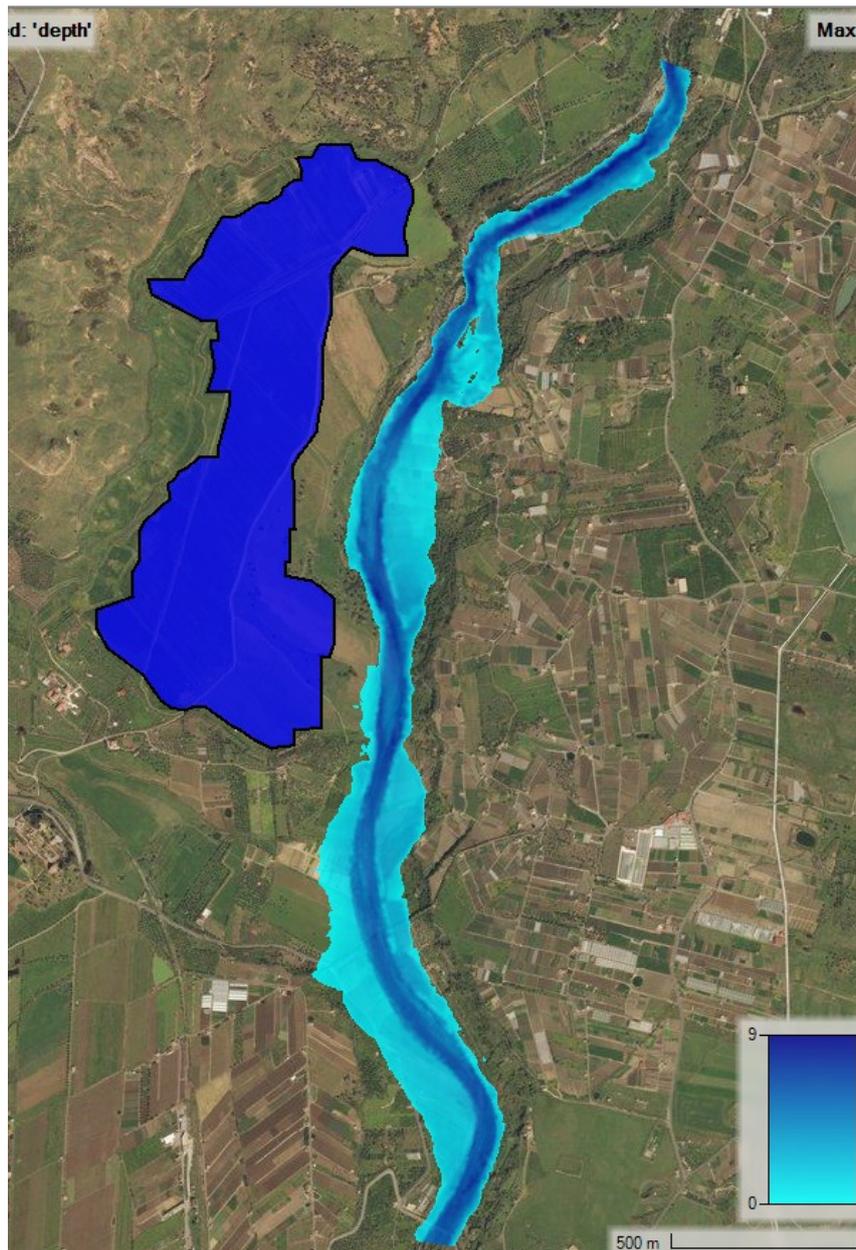
*Figura 10: Idrogramma di piena per T 300 anni*

Utilizzando questi tre idrogrammi le simulazioni avviate sono:

- 2D\_Run\_TR\_50
- 2D\_Run\_TR\_100
- 2D\_Run\_TR\_300

## Conclusioni

In questo paragrafo si riportano in sintesi i risultati ottenuti dalla simulazione. Considerando la simulazione **2D\_Run\_TR\_300** è possibile visualizzare chiaramente che la zona oggetto di interventi non risulta essere interessata da eventi alluvionali.



*Figura 11: Battenti idrici per T 300 anni*

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

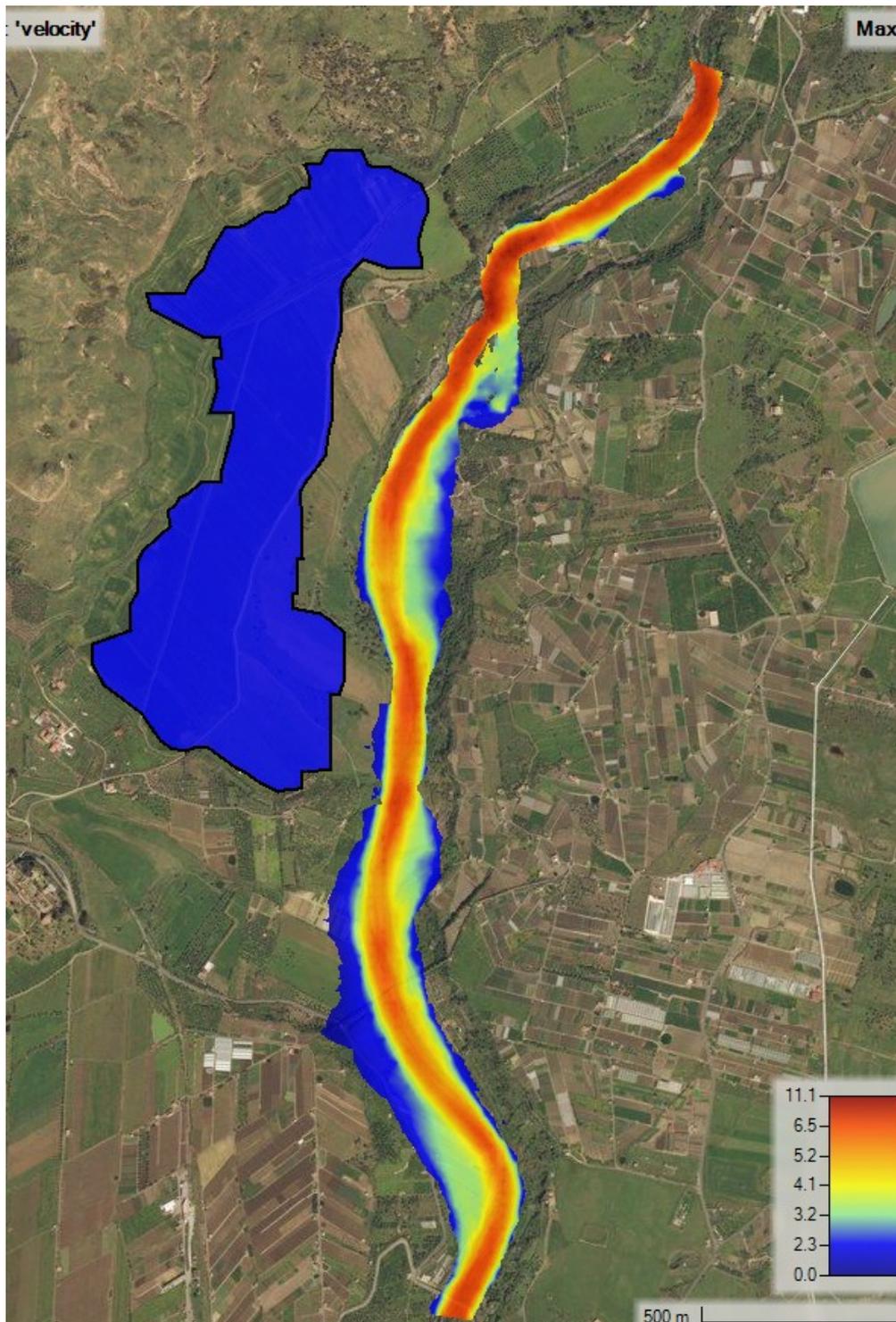


Figura 12: Velocità per T 300 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

*Sulla scorta delle analisi e delle simulazioni svolte, dal momento che per i tempi di ritorno analizzati le aree in esame non risultano essere interessate dalle esondazioni del Simeto, l'intervento progettuale risulta essere compatibile.*

In allegato a questa relazione vengono riportate le tavole dei battenti idrici e delle velocità per i tre tempi di ritorno di progetto e nelle quali è chiaramente visibile la condizione di sicurezza per l'intervento oggetto di studio.